

Az őszi rozs ásványtápanyag-felvételének vizsgálata szabadföldi tartamkísérletben

I. Szárazanyag-felhalmozódás, N-, P-, K-, Ca-, Mg-felvétel

SZEMES IMRE, KÁDÁR IMRE és LÁSZTITY BORIVÓJ

Országos Környezet- és Természetvédelmi Hivatal, Budapest
és MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézete, Budapest

A növények ásványtápanyag-szükségletüket alapvetően a talajból veszik fel. A műtrágyázás és általában a trágyázás célját ezért számos agrokémikus abban látta, hogy a természettel elvitt tápanyagok mennyiségét pótolja. A termésben foglalt tápelemek vizsgálata ebből adódóan nemcsak a termény takarmányozási-táplálkozási értékének megállapítása, hanem a szakszerű műtrágyázás megalapozása céljából is fontos feladat. Az intenzív műtrágyázásra való áttéréssel az ilyen célú növényvizsgálatok szerepe is egyre jelentősebb lett. A tápanyagokkal jól ellátott talajokon ugyanis a korszerű trágyázás egyik célja a tápanyagszint fenntartása, megőrzése. Ennek érdekében mindenekelőtt szükséges a köztermesztésben levő növények tápelemtartalmának ismerete.

Az összes felvett tápelemek ismeretén túl fontos a szárazanyag-felhalmozás és a tápanyagfelvétel dinamikájának ismerete a tenyészidő alatt. A növénynek a talaj tápanyag-ellátottságával szemben támasztott igénye ugyanis az egyes fenofázisokban különböző lehet. Napjainkban előtérbe kerül a minőségi szemlélet a gyakorlati növénytaplálás terén is, amely egyet jelent a növény tenyészideje alatti tápanyagfelvételének ismeretére alapozott trágyázási rendszerrel.

Napjaink intenzív, nagyadagú NPK-műtrágyázása, helyenként a túltrágyázás, kiválthatja más mezo- és mikroelemek hiányát vagy többletét, és ezen keresztül egyensúlyi zavarokat okozva a talajoldatban, valamint a növényben, veszélyeztetheti a talaj termékenységét [1, 2, 3, 4, 7]. Fontos és időszerű tehát, hogy a növényi makro- és mikroelem-forgalmat minél átfo-góbban, az intenzív NPK-műtrágyázás függvényében vizsgálva megismerjük. Különösen indokolt ez a kevésbé tanulmányozott őszi rozsnál [6].

Jelen munkánk célja, hogy adatokat szolgáltatassunk a rozs legfontosabb mezo- és mikroelemeinek felvételéhez. Vizsgálatainkhoz 1979-ben olyan szabadföldi tartamkísérletet választottunk, ahol a NPK-műtrágyázás, illetve a talaj N-, P-, K-ellátottságának a tápanyagfelvételt módosító hatásait is figyelembe vehettük a tenyészidő folyamán. Érintőlegesen tárgyaljuk majd a növényi tápeleमारányok alakulását is, illetve a növényelemzés adatait a diagnosztikai célú növényanalízis szemszögéből vizsgálva, megkísérreljük az irodalmi optimumokkal összevetve a termőhely ellátottsági viszonyainak jellemzésére felhasználni.

Közleményünk első részében az őszi rozs szárazanyag-felhalmozásáról, valamint a főbb makroelemek (N, P, K, Ca, Mg) felvételéről számolunk be. Ezt követően kerül sor a főbb mikroelemek (Na, Fe, Mn, Zn, Cu) felvételének, a növényi tápelemarányoknak és -tartalmaknak a termőhely ellátottsági viszonyainak jellemzését szolgáló, diagnosztikai jellegű tárgyalására.

Kísérleti rész

A szabadföldi kísérletet 1961 őszen LÁNG [5] állította be egy Duna–Tisza közti karbonátos homoktalajon, az MTA Talajtani és Agrokémiai Kutató Intézetének Órbottyán melletti kísérleti telepén 10 kezeléssel és 5 ismétléssel, latin téglá elrendezésben. A kísérleti terület talaja közepesen humuszos (0,8–1,0%), a felszínén enyhén meszes (CaCO_3 : 1–4%), könnyen oldható káliummal ($\text{AL}-\text{K}_2\text{O}$: 50–80 ppm) és foszforral ($\text{AL}-\text{P}_2\text{O}_5$: 40–60 ppm) gyengén ellátott homok.

A talajvizsgálati eredmények szerint a pH_{KCl} : 7,2–7,6; Mg_{KCl} : 50–100 ppm; Mn_{EDTA} : 70–100 ppm; Zn_{EDTA} : 1,5–2,0 ppm és a Cu_{EDTA} : 1,5–2,0 ppm. A MÉM NAK által elfogadott módszerek és előzetes határértékek szerint ezek az értékek a talaj jó Mg-, Mn-, valamint kielégítő Zn- és Cu-ellátottságáról tanúskodnak. A kísérleti körülményeket, valamint az agrotechnikát LÁNG [5] már részletesen ismertette. A talajvizsgálatok céljaira a kísérlet beállításakor, valamint 1977-ben aratás után, parcellánként 20–20 pontminta egyesítésével átlagmintákat vettünk. A növény- és talajelemzéseket a MÉM NAK által bevezetett módszerekkel végeztük és az eredményeket variancia-analízissel értékeltük.

1. táblázat

A kísérletben alkalmazott műtrágyázási kezelések és a talaj könnyen oldható P- és K-tartalmának alakulása a szántott rétegben (Órbottyán)

(1) Kezelés jele	N	P_2O_5	K_2O	N	P_2O_5	K_2O	$\text{AL}-\text{P}_2\text{O}_5$	$\text{AL}-\text{K}_2\text{O}$
	kg/ha évenként			kg/ha összesen			ppm 1977-ben	
1. Kontroll	—	—	—	—	—	—	53	67
2. PK	—	54	80	—	972	1440	124	109
3. N_1K	50	—	80	900	—	1440	52	99
4. N_2K	100	—	80	1800	—	1440	42	100
5. N_1PK	50	54	80	900	972	1440	116	99
6. N_2PK	100	54	80	1800	972	1440	107	96
a) $\text{SzD}_{5\%}$							14	10

A tenyészdíó folyamán bokrosodáskor (ősszel és tavasszal), szárba-induláskor, kalászoláskor és virágzáskor parcellánként 4–4 folyóméter föld feletti növényi anyag felhasználásával mintavételezést végeztünk. Aratáskor hasonlóképpen 4–4 folyóméter növényi anyagból parcellánként mintakévétt vettünk a szem/szalma arány, valamint a fő- és melléktermékek beltartalmi vizsgálataihoz. A növényi mintákban meghatároztuk a N-, P-, K-, Ca-, Mg-, Na-, Fe-, Mn-, Zn- és Cu-tartalmakat és a minták súlyait megmértük. A növény-

2. táblázat

Az őszi rozs szárazanyag-felhalmozása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.					júl. 17.	
	Száraz anyag, t/ha							
Kontroll	0,22	0,29	0,84	1,48	1,80	0,72	1,36	2,08
PK	0,25	0,39	1,13	1,56	1,91	0,71	1,50	2,21
N ₁ K	0,24	0,28	0,80	1,89	2,20	0,66	1,40	2,06
N ₂ K	0,23	0,29	0,90	1,54	2,25	0,60	1,31	1,91
N ₁ PK	0,38	1,20	3,05	4,06	5,14	1,25	3,62	4,87
N ₂ PK	0,44	1,35	4,50	6,05	6,60	1,33	2,99	4,32
a) SzD _{5%}	0,09	0,21	0,45	0,56	0,88	0,34	0,83	1,15
b) Átlag	0,29	0,63	1,87	2,76	3,32	0,88	2,03	2,91
%	10	22	64	95	114	30	70	100

3. táblázat

Az őszi rozs N-tartalmának, valamint a felvett N mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.					júl. 17.	
	N, %							
Kontroll	3,65	2,66	1,48	0,92	0,76	1,60	0,45	0,83
PK	3,17	2,30	1,30	0,88	0,72	1,62	0,40	0,78
N ₁ K	3,73	4,19	3,03	1,70	1,29	1,69	0,60	0,93
N ₂ K	3,77	4,48	3,32	2,27	1,78	1,95	0,76	1,15
N ₁ PK	4,09	2,99	1,48	0,85	0,70	1,66	0,30	0,66
N ₂ PK	4,38	4,05	1,98	1,20	1,00	1,89	0,47	0,91
a) SzD _{5%}	0,28	0,44	0,25	0,13	0,14	0,14	0,10	—
b) Átlag	3,79	3,44	2,10	1,30	1,04	1,73	0,50	0,88
%	110	100	61	38	30	50	15	26
	N, kg/ha							
Kontroll	7,9	7,4	12,4	15,2	15,2	11,4	5,9	17,3
PK	7,9	8,9	14,6	15,2	15,0	11,4	5,9	17,3
N ₁ K	8,7	11,5	24,2	36,0	31,6	11,0	8,2	19,2
N ₂ K	8,9	12,7	29,8	39,0	44,4	11,9	10,1	22,0
N ₁ PK	15,6	35,9	45,0	38,4	40,2	20,7	11,3	32,0
N ₂ PK	19,3	54,4	89,0	80,6	73,4	25,2	14,0	39,2
a) SzD _{5%}	3,5	7,5	9,2	9,2	10,8	6,0	4,1	—
b) Átlag	11,4	19,1	35,8	37,4	36,6	15,3	9,2	24,5
%	46	78	146	153	149	62	38	100

elemzés adatai minden esetben elemi tápelemtartalmakat jelölnek, abszolút száraz anyagra számítva. Kísérleti növényünk a *Kecskeméti h.* fajtájú rozs volt. E közleményben a megosztott N-adagolás hatásait nem tárgyaljuk, mivel a tápelemfelvételt számottevően nem befolyásolta. Így az eredeti 10 kezelésből csak 6 kezelést mutatunk be, ahol a N kijuttatása tavasszal történt.

4. táblázat

Az őszi rozs P-tartalmának, valamint a felvett P mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.				júl. 17.		
	P, ‰							
Kontroll	0,36	0,27	0,26	0,22	0,20	0,40	0,07	0,18
PK	0,46	0,41	0,31	0,28	0,25	0,37	0,11	0,19
N ₁ K	0,29	0,20	0,22	0,18	0,16	0,33	0,05	0,14
N ₂ K	0,24	0,19	0,22	0,18	0,14	0,29	0,05	0,13
N ₁ PK	0,52	0,39	0,30	0,24	0,18	0,40	0,07	0,16
N ₂ PK	0,49	0,40	0,28	0,21	0,17	0,39	0,07	0,17
a) SzD ₅ %	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02	0,05	0,01	—
b) Átlag	0,39	0,31	0,26	0,22	0,18	0,36	0,07	0,16
%	125	100	84	71	58	116	23	52
	P, kg/ha							
Kontroll	0,8	0,8	2,2	3,4	3,8	2,9	0,9	3,8
PK	1,2	1,6	3,6	5,0	5,2	2,5	1,6	4,1
N ₁ K	0,7	0,5	1,8	3,6	3,8	2,2	0,7	2,9
N ₂ K	0,6	0,6	2,0	3,0	3,6	1,8	0,6	2,4
N ₁ PK	2,0	4,7	9,2	10,6	10,4	5,1	2,6	7,7
N ₂ PK	2,2	5,5	12,6	14,0	12,6	5,1	2,1	7,2
a) SzD ₅ %	0,5	1,0	1,3	1,4	1,7	1,3	0,6	—
b) Átlag	1,3	2,3	5,2	6,6	6,6	3,3	1,4	4,7
%	28	49	111	140	140	70	30	100

A kísérleti eredmények megvitatása

Az 1. táblázatban a kísérletben alkalmazott műtrágya adagjait, valamint a talaj szántott rétege könnyen oldható P- és K-tartalmának alakulását mutatjuk be. Amint a táblázat adataiból kitűnik, az évenként alkalmazott 54 kg/ha P₂O₅ hatására a talaj AL—P₂O₅-tartalma 100–120 ppm-re, a közepes ellátottsági tartományba emelkedett 1977-ben. Az évenként 80 kg/ha K₂O adag hatására a talajok AL—K₂O-tartalma 100 ppm körüli értékre nőtt, közepes K-ellátottsági tartományt mutatva a kísérlet 17–18. évében. A kísérletben alkalmazott, a termések által felvett tápelemek mennyiségét lényegesen meg nem haladó, mérsékelt P- és K-adagok nem tették lehetővé, hogy közel két évtized alatt a talajok P- és K-ellátottsága kielégítővé váljon.

Az őszi rozs száraz anyagának képződése a szárbaindulás kezdete és a virágzás szakaszai között volt a legintenzívebb, az április közepétől május végéig tartó időszak alatt, amikor is a betakarításkori összes száraz anyagának átlagosan mintegy 80%-át halmazta fel. A virágzás és az aratás közötti mintegy másfél hónap alatt, a generatív szakaszban, a kísérlet átlagában mintegy 16%-os szárazanyag-vesztesség lépett fel. Ez utóbbi jelenség különösen a nagyobb hozamú trágyázott kezeléseknél fellépő vízhiánnyal, a levelek, különösen az alsó levelek idő előtti leszáradásával függ össze. A szárazanyag-hozamnak 70%-át a szalma, 30%-át a szemtermés adta (2. táblázat).

5. táblázat

Az őszi rozs K-tartalmának, valamint a felvett K mennyiségének alakulása
a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.					júl. 17.	
	K, %							
Kontroll	2,77	2,31	1,84	1,61	1,47	0,55	0,44	0,49
PK	3,15	2,67	1,84	1,74	1,54	0,51	0,59	0,56
N ₁ K	3,56	3,50	3,06	2,27	1,94	0,49	0,66	0,59
N ₂ K	3,48	3,38	3,24	2,86	2,42	0,45	0,75	0,63
N ₁ PK	3,78	2,84	2,11	1,71	1,50	0,54	0,57	0,56
N ₂ PK	3,45	2,87	2,26	1,80	1,52	0,55	0,52	0,53
a) SzD ₅ %	0,44	0,45	0,20	0,18	0,08	0,06	0,10	—
b) Átlag	3,37	2,93	2,39	2,00	1,73	0,51	0,59	0,56
%	115	100	82	68	59	17	20	19
	K, kg/ha							
Kontroll	6,0	6,6	15,6	27,0	29,2	4,0	6,1	10,1
PK	7,9	10,3	20,8	30,0	32,8	3,5	8,9	12,4
N ₁ K	8,2	9,6	24,4	48,0	47,6	3,2	9,0	12,2
N ₂ K	8,2	9,4	29,2	49,0	60,6	2,7	9,3	12,0
N ₁ PK	14,5	34,0	64,4	77,0	85,8	6,7	20,6	27,3
N ₂ PK	15,2	39,2	101,6	121,0	111,4	7,9	15,2	23,1
a) SzD ₅ %	4,0	7,7	10,4	13,0	17,3	1,8	4,6	—
b) Átlag	10,0	19,8	42,7	58,7	61,2	4,7	11,5	16,2
%	62	122	264	362	378	29	71	100

Ha elemezzük a műtrágyázási kezelések hatását a száraz anyag képződésére megállapíthatjuk, hogy az április közepe – május vége közötti intenzív szervesanyag-felhalmozás idején a műtrágyahatások a legkifejezettebbek. A kontrollon mért hozam átlagosan négyszeresére emelkedett a legjobb kezelésben. Az őszi, bokrosodás elejei stádiumban, valamint aratásra ez a műtrágyahatás csupán a trágyázatlan parcella hozamának megduplázódását jelenti. Megállapítható, hogy önmagában sem a PK-, sem a NK-kezelés-kombinációkban nem nő lényegesen a termés a kontrollhoz képest. Csak a NPK, különösen az évi 100 kg/ha N adagú NPK-kombináció tekinthető előnyösnek, bár az itt elért 1,3 t/ha szemtermés szintje is rendkívül alacsony. Az alacsony termésszint elsősorban a vízhiányra, a viszonylag mérsékelt műtrágyaadagokra és feltehetően a hosszú, a 3 éves vakkísérletet is figyelembe véve 21 éves őszirozsmonokultúrára vezethető vissza (2. táblázat).

A bokrosodás végén mért N%, a kísérlet átlagában, az aratás idejére mintegy 1/4-ére csökkent a föld feletti növényben. Az őszi, bokrosodás elejei N-tartalmak átlagosan mintegy 10%-kal meghaladták a bokrosodás végén, tavasszal mért értékeket. A N-kezelések hatása általában jól nyomonkövethető a N-tartalmakban; különösen a 100 kg/ha N-adagok hatására nőtt jelentősen a N koncentrációja a tenyészidő folyamán. A különbségek, a N-trágyázás hatásai, a bokrosodás vége – virágzás közötti intenzív növekedés időszakában a legkifejezettebbek. Ugyanakkor az is szembevetendő, hogy a N koncentrációinak hígulása szintén ebben a periódusban jelentősebb, különösen a teljes NPK-kezelésekben, ahol a szárazanyag-gyapardás igen gyors volt (3. táblázat).

6. táblázat

Az őszi rozs Ca-tartalmának, valamint a felvett Ca mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.						
	Ca, %							
Kontroll	0,95	0,62	0,36	0,28	0,27	0,05	0,33	0,22
PK	0,81	0,51	0,32	0,28	0,27	0,05	0,32	0,20
N ₁ K	0,73	0,66	0,50	0,34	0,31	0,05	0,35	0,25
N ₂ K	0,66	0,65	0,60	0,45	0,40	0,05	0,42	0,29
N ₁ PK	0,65	0,49	0,32	0,22	0,20	0,05	0,22	0,17
N ₂ PK	0,55	0,62	0,36	0,30	0,26	0,05	0,27	0,20
a) SzD ₅ %	0,23	0,15	0,09	0,05	0,05	0,01	0,09	—
b) Átlag	0,73	0,59	0,41	0,31	0,29	0,05	0,32	0,22
%	124	100	69	53	49	8	54	37
	Ca, kg/ha							
Kontroll	2,0	1,7	3,0	4,6	5,6	0,3	4,2	4,5
PK	2,0	2,0	3,6	5,0	5,8	0,3	4,2	4,5
N ₁ K	1,7	1,8	4,0	7,2	7,8	0,3	4,8	5,1
N ₂ K	1,5	1,8	5,4	7,8	9,8	0,3	5,2	5,5
N ₁ PK	2,5	5,8	9,8	9,8	11,4	0,6	7,7	8,3
N ₂ PK	2,4	8,4	16,2	20,0	19,2	0,6	8,0	8,6
a) SzD ₅ %	0,8	1,7	1,7	2,0	2,8	0,2	2,0	—
b) Átlag	2,0	3,6	7,0	9,1	9,9	0,4	5,7	6,1
%	33	59	115	149	162	7	93	100

Az aratáskori felvett N mennyiségét 100-nak véve megállapítható, hogy a szárbaindulást követően a N-nel nem trágyázott talajon a további felvétel már megszakadt, sőt a virágzás és az aratás ideje között 33%-os csökkenés volt kimutatható a kísérlet átlagában. A legnagyobb adagú NPK-kezelés a felvett N mennyiségét a bokrosodás vége—virágzás közötti intenzív növekedés idején 5—7-szeresére emelte a trágyázatlanhoz viszonyítva. Az őszi, bokrosodás elejei stádiumban, valamint aratáskor ez a műtrágyahatás a kontroll parcella hozamának csupán a megduplázásához vezetett. A felvett N mintegy 2/3-a a szemben, 1/3-a a szalmában halmozódott fel (3. táblázat).

A bokrosodás végén talált P-tartalom, a kísérlet átlagában, az aratás idejére mintegy felére csökkent az összes föld feletti termésben. Az őszi, bokrosodás elejei P-tartalmak 25%-kal haladták meg a bokrosodás végén tavasszal mért értékeket. A P-tartalom különösen a NK-kezelésekben volt alacsony, a tenyészidő folyamán fellépő hígulás mértéke pedig a N-tartalomhoz hasonlóan, a teljes NPK-kezelésekben. A P felvétele a N-felvételhez hasonló képet mutat. Itt is megfigyelhető, hogy a virágzás és az aratás ideje között fellépő tápanyagvesztés a nagyobb hozamú, teljes NPK-kezelésekben jelentős, melyekben a leszáradás és a vízhiány nagyobb károsodást okozott, míg a kontroll parcellán kapott alacsony terméséken ez a jelenség elmaradt. A felvett P 70%-a a szemben, 30%-a a szalmában halmozódott fel (4. táblázat).

A kísérlet átlagában számolt tavaszi, bokrosodás végi K-tartalom aratásra 1/5-ére süllyedt a föld feletti termésben. Az őszi, bokrosodás elejei K-tar-

7. táblázat

Az őszi rozs Mg-tartalmának, valamint a felvett Mg mennyiségének alakulása a tenyészidő folyamán, 1978/79

(1) Kezelés jele	(2) Bokrosodás		(3) Szárba- indulás máj. 8.	(4) Kalá- szolás máj. 23.	(5) Virág- zás máj. 30.	(6) Szem	(7) Szalma	(8) Együtt
	nov. 17.	ápr. 17.						
	júl. 17.							
	Mg, %							
Kontroll	0,33	0,16	0,11	0,09	0,08	0,11	0,06	0,08
PK	0,24	0,14	0,08	0,07	0,08	0,10	0,05	0,07
N ₁ K	0,27	0,15	0,12	0,09	0,08	0,10	0,07	0,07
N ₂ K	0,25	0,16	0,14	0,10	0,10	0,10	0,07	0,08
N ₁ PK	0,28	0,11	0,09	0,07	0,06	0,11	0,04	0,06
N ₂ PK	0,33	0,18	0,12	0,09	0,08	0,11	0,06	0,08
a) SzD _{5%}	0,04	0,04	0,02	0,01	0,01	0,02	0,02	—
b) Átlag	0,28	0,15	0,11	0,09	0,07	0,11	0,06	0,07
%	187	100	73	60	47	73	40	47
	Mg, kg/ha							
Kontroll	0,7	0,4	0,8	1,4	1,4	0,8	0,9	1,7
PK	0,6	0,5	1,0	1,0	1,6	0,7	0,8	1,5
N ₁ K	0,6	0,4	1,0	1,8	2,0	0,6	0,9	1,5
N ₂ K	0,6	0,4	1,4	1,8	2,4	0,6	0,9	1,5
N ₁ PK	1,0	1,4	2,6	3,2	3,4	1,5	1,5	3,0
N ₂ PK	1,4	2,4	5,4	6,2	5,8	1,5	1,9	3,4
a) SzD _{5%}	0,3	0,5	0,6	0,6	0,8	0,4	0,6	—
b) Átlag	0,8	0,9	2,0	2,6	2,8	0,9	1,2	2,1
%	38	43	95	124	133	43	57	100

talmak átlagosan 15%-kal voltak magasabbak a bokrosodás végén mért értékeknél. A legmagasabb K-tartalmakat a NK-kezelésekben kaptuk, míg a PK-kezelésekben a K-tartalom növekedése a kontrollhoz viszonyítva általában nem volt megbízható. A NPK-kezelésekben a már említett hígulási effektus is megnyilvánult, a NK-kezelésekhez viszonyítva alacsonyabb K-tartalmakban (5. táblázat).

A felvett K mennyisége virágzásig nőtt, majd aratás idejére a virágzás-kori mennyiségnek alig 1/3–1/4-e volt a föld feletti termésben megtalálható. A zöld növényi részek, levelek idő előtti és nagymérvű leszáradása és lehullása természetszerűen elsősorban a K-veszteségeket növelte a homokon termesztett rozsnál. A nagyobb adagú teljes NPK-kezelésben a felvett K mennyisége, az intenzív növekedés szakaszaiban, 4–5-szöröse volt a trágyázatlan kontroll talajon felvettnek. A felvett K csaknem 3/4-e a szalmában halmozódott fel (5. táblázat).

A bokrosodás végén mért Ca-koncentráció aratásra mintegy 40%-ára süllyedt a kísérlet átlagában. Az őszi, bokrosodás elején talált Ca-tartalom 24%-kal haladta meg átlagosan a tavaszi értéket. A legmagasabb Ca %-okat a NK-kezelésekben, valamint a kontroll talajon termelt növény adta. Valószínűleg ez a jelenség az alacsony hozamokkal is összefüggésbe hozható. A felvett Ca mennyisége lényegében a szárazanyag-képződéshez hasonló képet mutatott, ami a trágyázási kezelések hatását illeti. A növények által felvett Ca mennyisége a virágzáskor érte el maximumát, majd aratás idejére mintegy

40%-os csökkenés következett be. A Ca 93%-a a szalmában, 7%-a a szemben akkumulálódott a kísérlet átlagában (6. táblázat).

A bokrosodás végén mért Mg-tartalom az aratás idejére közel felére csökkent a föld feletti növényben. Az őszi, bokrosodás elejei Mg-koncentráció mintegy kétszerese volt a tavaszinak. A kalászosítás stádiumától a tenyészidő végéig az átlagos Mg-tartalomban változás már nem volt észlelhető. A trágyázási kezelések nem voltak egyértelmű befolyással a koncentrációra. A felvett Mg mennyiségének alakulása, ami a trágyázási kezelések hatását illeti, a szárazanyag-képződéssel mutatott analóg képet. A felvett Mg mennyisége virágzásig nőtt, majd aratás idejére mérsékelten csökkent. A felhalmozott Mg mennyiségének közel fele-fele arányban hordozója a szem és a szalma (7. táblázat).

Összefoglalás

Tápanyagokban szegény, meszes homoktalajon, műtrágyázási tartamkísérletben vizsgáltuk az őszi rozs főbb makrotápelemeinek felvételét a tenyészidő folyamán. Jelzőnövényül a *Kecskeméti h.* fajta szolgált. A növényi mintavétel bokrosodás elején 1978 őszi, bokrosodás végén 1979 tavaszán, szárbainduláskor, kalászosításkor, virágzás kezdetén és teljes érésben történt, parcellánként 4–4 folyóméter növényi anyag felhasználásával. Eredményeinket az alábbiakban foglaljuk össze:

A kísérletben közel két évtizeden át alkalmazott mérsékelt P- és K-műtrágyaadagok hatására a kezelt talajok P- és K-ellátottsága közepessé vált, a jó vagy kielégítő ellátottságot nem sikerült elérni (1. táblázat).

Az őszi rozs szárazanyag-képződése a szárbaindulás kezdete – virágzás szakasza között volt a legintenzívebb, amikor is a betakarításkori összes hozamnak átlagosan mintegy 80%-át halmozta fel. A generatív szakaszban mintegy 18%-os súlycsökkenés lépett fel átlagosan, amely a homoktalajon előálló vízhiánnyal és a levélzet leszáradásával függött össze. A száraz anyag 70%-át a szalma, 30%-át a szemtermés adta (2. táblázat).

A tavaszi, bokrosodás végén mért Mg-tartalom átlagosan mintegy a felére, a Ca 1/3-ára, a N 1/4-ére, míg a K 1/5-ére csökkent a vegetáció végén a föld feletti növényben. Az őszi, bokrosodás elején kapott tápelemtartalmak magasabbak voltak a tavaszi, bokrosodás végén mért értékeknél (3–7. táblázat). A műtrágyázás kedvező hatása különösen a bokrosodás vége – virágzás eleje időszakban, az intenzív növekedés periódusában mutatkozott meg kifejezettebben a N-, P- és K-tartalom, valamint a szárazanyag-hozam növelésében. Ugyanakkor az is szembevetendő volt, hogy a tápelemek hígulása szintén ebben a periódusban jelentősebb, különösen a teljes műtrágyázási (NPK) kezeléseknél, ahol igen gyors volt a szárazanyag-gyapadódás (3, 4, 5. táblázat).

Az aratáskor felvett tápelemek mennyiségét 100-nak véve azt találtuk, hogy a műtrágyázott és nagyobb hozamú parcellákon a felvett tápelemek maximuma a kalászosítás, illetve a virágzás idején található, majd az aratásig a föld feletti növény jelentős tápelemmennyiségeket veszített. A legkedvezőbb NPK-kezelésben a felvett tápelemek mennyisége többszörösére emelkedett a trágyázatlan kontrolléhoz viszonyítva. A tápelemek megoszlását tekintve azt találtuk, hogy a száraz anyag 30%-át kitevő szemtermés halmozta fel az összes terméssel kivont Ca 6, K 27, Mg 45, N 62 és P 70%-át (3–7. táblázat).

Irodalom

- [1] BERGMANN, W.: Termesztett növényeink táplálkozási zavarainak előfordulása és felismerése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 1979.
- [2] ELEK, É. & KÁDÁR, I.: Talajtermékenység kontrollja növény- és talajvizsgálatokkal. Magyar Mezőgazdaság. **30.** (51) 9. 1975.
- [3] KÁDÁR, I.: A kálium jelentősége földművelésünkben és egy csernozjom talaj termékenységében. Agrokémia és Talajtan. **29.** 577–590. 1980.
- [4] KÁDÁR, I. & ELEK, É.: Műtrágyázás hatása a kukorica makro- és mikroelem-felvételére. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 71–81. NEVIKI. Veszprém. 1977.
- [5] LÁNG, J.: Műtrágyázási tartamkísérletek homoktalajokon. Doktori disszertáció. (Kézirat.) Budapest. 1973.
- [6] LÁSZTITY, B. & ELEK, É.: A nyomelemes szuperfoszfát hatása a rozs fejlődésére és tápanyaggazdálkodására. A mezőgazdaság kemizálása. Ankét. Keszthely. 126–131. NEVIKI. Veszprém. 1980.
- [7] MENGEL, K.: A növények táplálkozása és anyageséréje. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. 1976.

Érkezett: 1981. szeptember 8.

Investigations on the Nutrient Uptake of Winter Rye in a Long-term Field Experiment

I. Accumulation of Dry Matter and Macronutrient (N, P, K, Ca, Mg) Uptake

I. SZEMES, I. KÁDÁR and B. LÁSZTITY

National Authority for Environment Protection and Nature Conservation and Research Institute for Soil Science
and Agricultural Chemistry of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Summary

In a long-term fertilization field experiment the uptake of the more important macronutrients by winter rye (var. *Kecskeméti h.*) was studied on a calcareous sandy soil poor in nutrients. Plant samples were taken by cutting down the plants in a 4 m long row per plot at the beginning (in the autumn of 1978) and at the end (in the spring of 1979) of tillering, at shooting, at earing, at the beginning of flowering and at full ripeness. The findings may be summarized as follows:

Due to the effect of moderate P and K doses applied for almost two decades, the P and K reserves of the soil were in the medium range, they did not reach the good or satisfactory range (Table 1).

The dry matter production of the plants was the most intense between the beginning of shooting and flowering; on the average about 80% of the total dry matter yield (at harvest) was produced during that period. In the generative period an average weight loss of about 18% was measured, due, on the one hand, to water deficiency occurring in the sandy soil, on the other hand to the withering of the leaves. The grain and straw accounted for 30% and 70% of the dry matter yield, respectively (Table 2).

As compared to the values measured at the end of tillering in spring, the P, Mg, Ca N and K contents in the above-ground portions of the plants decreased to approximately one half, one half, one third, one fourth and one fifth, respectively, by the end of the vegetative period. The nutrient contents measured at the beginning of tillering in autumn were higher than the corresponding values determined at the end of tillering in spring. For instance the N, K, Ca, P and Mg contents were higher by 10%, 15%, 24%, 25% and 87%, respectively, in autumn than in spring (Tables 3–7).

The favourable effect of fertilizing — manifested by increasing the NPK content and dry matter production — was the most pronounced between the end of tillering and the beginning of flowering, that is, in the period of intense growth. On the other hand, the dilution of these nutrients was more pronounced, too, in the same period, especially in the complete fertilizer (NPK) treatments, in which cases the increase in dry matter was very

fast (Tables 3, 4, 5). The nutrient content of the plants reached its maximum at earing and at flowering on the fertilized plots of higher productivity, then it was decreasing considerably in the above-ground portions of the plants till harvest.

Taking the nutrient contents of the plants at harvest for 100, the total amounts of Mg, N, P, Ca and K in the above-ground portions of the plants at flowering were higher by 33%, 49%, 40%, 62% and 278%, resp., than at harvest. As compared to the untreated control plot, the amounts of nutrients taken up by the plants were several times higher in the case of the best NPK treatment. As regards the distribution of the nutrients, it was found that the grain yield — representing 30% of the dry matter yield — accounted for 7% of Ca, 29% of K, 43% of Mg, 62% of N and 70% of P taken up by the crop (Tables 3—7).

Table 1. Amounts of nutrients given in the various treatments and the available P and K contents in the ploughed layer of the experimental plots as affected by the treatments. (1) Treatments. 1. Control. a) Significant difference, 5%. The data given are: fertilizer dose, kg/ha/year; kg/ha/18 years; available P and K in 1977, ppm.

Table 2. Dry matter content of winter rye (var. *Kecskeméti h.*) in the different stages of growth, 1978—1979. (1) Treatment. a) Significant difference, 5%. b) Mean. (2) Tillering. (3) Shooting. (4) Earing. (5) Flowering. (6) Grain; (7) Straw; (8) Total. — Dry matter, t/ha.

Table 3. Changes in the N content of winter rye and in the amount of N taken up during the vegetative period, 1978—1979. For (1)—(8): see Table 2.

Table 4. Changes in the P content of winter rye and in the amount of P taken up during the vegetative period, 1978—1979. For (1)—(8): see Table 2.

Table 5. Changes in the K content of winter rye and in the amount of K taken up during the vegetative period, 1978—1979. For (1)—(8): see Table 2.

Table 6. Changes in the Ca content of winter rye and in the amount of Ca taken up during the vegetative period, 1978—1979. For (1)—(8): see Table 2.

Table 7. Changes in the Mg content of winter rye and in the amount of Mg taken up during the vegetative period, 1978—1979. For (1)—(8): see Table 2.

Untersuchung der Aufnahme von mineralischen Nährstoffen durch Winterroggen in einem Dauerfeldversuch

I. Anhäufung der Trockensubstanz, Aufnahme und Gehalt von N, P, K, Ca und Mg

I. SZEMES, I. KÁDÁR und B. LÁSZTITY

Landesamt für Umwelt- und Naturschutz, Budapest und Forschungsinstitut für Bodenkunde und Agrikulturchemie der Ungarischen Akademie der Wissenschaften, Budapest

Zusammenfassung

Es wurde die Nährstoffaufnahme der wichtigsten Makronährstoffe bei Winterroggen (Sorte »Kecskeméti h.«) auf einem an Nährstoffen armen, kalkhaltigen Sandboden in einem Düngungsdauerversuch ermittelt. Die Probenahme der Pflanzen erfolgte durch das Einsammeln von Pflanzen, die auf je 4 Metern/Parzelle gewachsen sind, zu Beginn der Bestockung (im Herbst 1978), zum Ende der Bestockung (im Frühjahr 1979), zur Zeit des Schossens, des Ährenschiebens, zu Beginn der Blüte und bei voller Reife.

Die Resultate fassen wir im folgenden zusammen:

Infolge der im Versuch durch fast zwei Jahrzehnte hindurch verabreichten mittelmässigen P- und K-Düngergaben entstand eine mittlere P- und K-Versorgungsstufe bei den behandelten Böden. Eine gute oder ausreichende Versorgungsstufe konnten wir nicht erreichen. (Tab. 1.)

Die Trockensubstanzbildung des Winterroggens war vom Beginn des Schossens bis zur Blütezeit am intensivsten, als ungefähr 80% des gesamten Ernteertrages aufgehäuft wurden. In der generativen Periode trat durchschnittlich eine etwa 18%-ige Abnahme in der Trockenmasse ein, die mit dem für Sandböden charakteristischen Wassermangel und mit dem Abtrocknen der Blätter zusammenhing. 70% der Trockensubstanz war Stroh, 30% ergab der Korntrug. (Tab. 2.)

Der, zum Ende der Bestockung im Frühjahr bestimmte P- und Mg-Gehalt der oberirdischen Pflanzenteile ist bis zum Ende der Vegetationsperiode im Mittel auf die Hälfte, der Ca-Gehalt auf 1/3, der N-Gehalt auf 1/4 und der K-Gehalt auf 1/5 gesunken. Die zu Beginn der Bestockung (im Herbst) bestimmten Nährstoffgehalte lagen über den Frühjahrswerten (bestimmt am Ende der Bestockung). So haben z. B. der N-Gehalt um 10%, der K-Gehalt um 15%, der Ca-Gehalt um 24%, der P-Gehalt um 25% und der Mg-Gehalt um 87% (im Herbst) die durchschnittliche Frühjahrskonzentration übertroffen (Tab. 3.—Tab. 7.).

Die günstige Wirkung der Mineraldüngung hat sich besonders zwischen dem Ende der Bestockung und dem Beginn der Blüte, in der Periode des intensiven Wachstums, in der Zunahme des N-, P- und K-Gehaltes, wie auch des Trockensubstanzertrages ausdrücklicher gezeigt. Auffallend war, dass die Verdünnung dieser Nährstoffe ebenfalls in dieser Periode bedeutender war, besonders in den NPK-Düngungsvarianten, wo die Zunahme der Trockensubstanz sehr schnell vor sich ging. (Tab. 3.—Tab. 5.)

Die Höchstwerte der aufgenommenen Nährstoffmengen zur Zeit des Ährenschiebens, bzw. der Blüte in den gedüngten Parzellen (mit höheren Erträgen) übertrafen dieselben Werte zur Erntezeit, und zwar für Mg um 33%, für N um 49%, für P um 40%, für Ca um 62%, für K um 278%, d. h. dass der oberirdische Teil der Pflanzen bis zur Ernte eine bedeutende Menge an Nährelementen verlieren kann. In der günstigsten NPK-Variante übertrafen die aufgenommenen Nährstoffmengen um ein Mehrfaches diejenigen der ungedüngten Parzellen. In dem Kornerntrag (d. h. in 30% der oberirdischen Trockensubstanzmenge) fanden wir 7% Ca, 29% K, 43% Mg, 62% N und 70% P der durch den Gesamtertrag aufgenommenen Mengen. (Tab. 3.—Tab. 7.)

Tab. 1. Die Düngungsvarianten des Versuches und der leichtlösliche P- und K-Gehalt der Ackerkrume. (Órbottyán). (1) Nummer und Bezeichnung der Varianten. Es wurden die jährlichen und die im Laufe von 18 Jahren insgesamt verwendeten Düngergaben (NPK kg/ha) angegeben.

Tab. 2. Trockensubstanzanhäufung des Winterroggens während der Vegetationsdauer 1978–79 (Trockensubstanz t/ha). (1) Bezeichnung der Varianten; a) GD₅%; b) Mittelwert. (2) Bei Bestockung. (3) Beim Schossen. (4) Beim Ährenschieben. (5) Zur Blüte. (6) Körner. (7) Stroh. (8) Insgesamt.

Tab. 3. Gestaltung des N-Gehaltes (in %) und der aufgenommenen N-Menge beim Winterroggen im Laufe der Vegetationsdauer 1978–79. Bezeichnungen: s. Tab. 2.

Tab. 4. Gestaltung des P-Gehaltes (in %) und der aufgenommenen P-Menge beim Winterroggen im Laufe der Vegetationsdauer 1978–79. Bezeichnungen: s. Tab. 2.

Tab. 5. Gestaltung des K-Gehaltes (in %) und der aufgenommenen K-Menge beim Winterroggen im Laufe der Vegetationsdauer 1978–79. Bezeichnungen: s. Tab. 2.

Tab. 6. Gestaltung des Ca-Gehaltes (in %) und der aufgenommenen Ca-Menge beim Winterroggen im Laufe der Vegetationsdauer 1978–79. Bezeichnungen s. Tab. 2.

Tab. 7. Gestaltung des Mg-Gehaltes (in %) und der aufgenommenen Mg-Menge beim Winterroggen im Laufe der Vegetationsdauer 1978–79. Bezeichnungen s. Tab. 2.

Изучение в многолетних опытах усвоения минеральных питательных веществ озимой рожью

I. Накопление сухого вещества, усвоение и содержание N, P, K, Ca, Mg

И. СЕМЕШ, И. КАДАР и Б. ЛАСТИТЬ

Государственный Комитет по охране природы и защите окружающей среды и Научно-исследовательский институт почвоведения и агрохимии Венгерской Академии Наук, Будапешт

Резюме

В многолетних опытах по внесению минеральных удобрений, на бедной питательными веществами карбонатной песчаной почве изучили усвоение озимой рожью основных питательных макроэлементов в течение вегетационного периода. Подопытным растением была рожь сорта Кечкемет X. Растительные образцы брали осенью 1978 года в начале стадии кущения, весной 1979 года в конце стадии кущения, в стадии выхода в трубку, колошения, начале цветения и при полной спелости, с 4–4-х погонных метров на каждой делянке. По результатам можно сделать следующие выводы.

Под влиянием умеренного внесения фосфорных и калийных минеральных удобрений, примерно за два десятилетия опыта, почва по обеспеченности фосфором и калием перешла в ряд средне обеспеченных, хорошей обеспеченности достичь не смогли (Табл. 1).

Наиболее интенсивное образование сухого вещества проходило в период между началом выхода в трубку и цветением, когда образовалось в среднем 80%-ов от общего содержания сухого вещества в момент уборки. В генеративной стадии наблюдали в среднем 18%-е снижение веса, связанное с недостатком воды на песчаной почве и завяданием листьев. 70%-ов сухого вещества дала солома 30%-ов — зерно (Табл. 2).

К концу вегетационного периода содержание в надземной части растений фосфора и магния, измеренное весной, в конце стадии кушения, в среднем снизилось почти наполовину, содержание Са на одну треть, азота — на одну четвертую и калия на одну пятую часть. Содержание питательных элементов осенью, в начале кушения было гораздо выше по сравнению с их содержанием весной, в конце стадии кушения. Так например, осенью концентрации азота на 10%, калия на 15%, Са на 24 и Р на 25% превосходили средние концентрации этих элементов измеренные весной. Содержание магния осенью на 87% превысило его содержание в растениях весной (Табл. 3—7).

Благоприятное действие минеральных удобрений, особенно в конце стадии кушения — начале цветения, в период интенсивного роста растений, сказалось на содержании азота, фосфора и калия и на увеличении образования сухой массы. Отметим, что именно в этом периоде особенно значительно разбавление концентрации этих элементов, главным образом на вариантах с внесением всех питательных элементов (NPK), где происходило усиленное образование сухого вещества (Табл. 3, 4, 5).

Принимая за 100 содержание питательных элементов в озимой ржи во время уборки урожая, нашли, что на делянках с внесением минеральных удобрений, где получили наиболее высокие урожаи, максимальное усвоение питательных элементов проходило в стадии колошения или в начале стадии цветения, затем до уборки урожая надземная часть растений теряла значительное количество этих элементов. Так, в стадии цветения, в надземной части растений общее содержание магния на 33%, азота — на 49%, фосфора на 40%, Са на 62% и калия на 278% превышало содержание этих элементов в надземных частях растений во время уборки. Количество питательных элементов, усвоенных на самом благоприятном (NPK) варианте, было во много раз выше по сравнению с контролем. В отношении распределения усвоенных элементов нашли, что зерно, составляющее 30% сухой массы, содержало 7% кальция, 29% калия, 43% магния, 62% азота и 70% фосфора от общего количества этих элементов вынесенных урожаем (Табл. 3—7).

Табл. 1. Варианты внесения минеральных удобрений и содержание легкорастворимых фосфора и калия в пахотном горизонте почвы. Эрботтан. (1) Номер и обозначение варианта. Приведены дозы ежегодного внесения NPK- минеральных удобрений в кг/га действующих начал и общее количество питательных веществ, внесенных за 18 лет опыта.

Табл. 2. Накопление сухого вещества в озимой ржи за вегетационный период, 1978/79. сухое вещество т/га. (1) Обозначение варианта; а) СНР, %. б) среднее. (2) В стадии кушения. (3) В стадии выхода в трубку. (4) В стадии колошения. (5) В стадии цветения. (6) Зерно. (7) Солома. (8) Всего.

Табл. 3. Формирование процентного содержания азота в озимой ржи и количества усвоенного азота в течение вегетационного периода, 1978/79. Остальные обозначения смотри в таблице 2.

Табл. 4. Формирование содержания фосфора (%) в озимой ржи и количества усвоенного фосфора в течение вегетационного периода, 1978/79. Обозначения смотри в таблице 2.

Табл. 5. Формирование содержания калия в озимой ржи (%) и количества усвоенного калия в течение вегетационного периода, 1978/79. Обозначения смотри в таблице 2.

Табл. 6. Формирование содержания кальция (%) в озимой ржи и количества усвоенного кальция в течение вегетационного периода, 1978/79. Обозначения смотри в табл. 2.

Табл. 7. Формирование содержания магния (%) и количества усвоенного магния в течение вегетационного периода, 1978/79. Обозначения смотри в таблице 2.